

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑩ DE 100 21 135 A 1

⑯ Int. Cl. 7:

**B 60 T 8/00**

B 60 T 8/32

B 60 T 13/66

⑯ Aktenzeichen: 100 21 135.6  
⑯ Anmeldetag: 29. 4. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 31. 10. 2001

⑯ Anmelder:

Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,  
DE

⑯ Erfinder:

Pfeiffer, Andreas, Dr., 81245 München, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 198 04 570 A1  
DE 196 54 769 A1  
DE 44 10 339 A1  
DE 35 43 145 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Regelung einer vorgegebenen Soll-Verzögerung eines Kraftfahrzeugs

⑯ Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Regelung einer vorgegebenen Soll-Verzögerung eines Kraftfahrzeugs mittels eines elektronischen Steuergeräts aufweisenden Bremsregelsystems wird im Steuergerät abhängig von der vorgegebenen Soll-Verzögerung sowie von der Ist-Verzögerung ein Soll-Bremsmoment berechnet. Mittels eines Hydraulikmodells wird das Ist-Bremsmoment geschätzt. Das Soll-Bremsmoment wird abhängig von dem um eine vorgegebene Hydraulik-Totzeit verzögerten Ist-Bremsmoment korrigiert.

DE 100 21 135 A 1

**BEST AVAILABLE COPY**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung einer vorgegebenen Soll-Verzögerung eines Kraftfahrzeugs nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 3.

[0002] Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der DE 196 54 769 A1 bekannt. In der DE 196 54 769 A1 wird allgemein auf mögliche Regelsysteme zur Beeinflussung der Längsdynamik (wie Beschleunigung oder Abbremsen) des Fahrzeugs und im Speziellen auf vorteilhafte Kombinationen der im Fahrzeug vorhandenen Regelsysteme eingegangen. Hierbei soll insbesondere verhindert werden, daß die einzelnen Regelsysteme gegeneinander arbeiten. In diesem Zusammenhang ist es bereits auch schon bekannt ein Soll-Bremsmoment mit einem in einem Hydraulik- bzw. Bremsenmodell geschätzten Ist-Bremsmoment zu vergleichen.

[0003] Eine Soll-Verzögerung kann beispielsweise durch einen abstandsgeregelten Tempomat (auch unter dem Begriff "Adaptive Cruise Control" (ACC) bekannt) vorgegeben werden.

[0004] Intern ist ein abstandsgeregelter Tempomat bekannt, der bei einer Beschleunigungsanforderung ausschließlich auf das der Brennkraftmaschine zugeordnete Regelsystem und bei einer Verzögerungsanforderung ausschließlich auf das den Bremsen zugeordnete Regelsystem (Bremsregelsystem) zugreift. Die Gefahr eines Gegeneinander-Arbeitens wie beim Stand der Technik besteht daher nicht. Die Soll-Verzögerung ist direktes Eingangssignal eines dem Bremsregelsystem zugeordneten Steuergeräts. Dieses Steuergerät ist um einen Verzögerungsregler, der im Wesentlichen einen PI-Regler und eine Vorsteuerung aufweist, erweitert. Die Vorsteuerung kann auch zu Null gesetzt werden. Der gesamte Regelkreis besteht hierbei aus dem Verzögerungsregler und der Regelstrecke. In der Regelstrecke ist das Fahrzeug inklusive der gesamten Bremsanlage mit Hydraulik zusammengefaßt. Eingangssignal der Regelstrecke ist das vom Regler berechnete Soll-Bremsmoment. Gemesen werden die Raddrehzahlen oder die Fahrzeuggeschwindigkeit, woraus die Ist-Verzögerung bestimmt wird.

[0005] Bei diesem intern bekannten System enthält die Regelstrecke eine Totzeit, die aus dem Ansprechverhalten insbesondere der Bremshydraulik resultiert. Weiterhin kann das vorgegebene Soll-Bremsmoment nur innerhalb gewisser Stufen eingestellt werden. Der zum Bremsmoment annähernd proportionale Bremsdruck wird durch eine Pumpe aufgebaut, die aufgrund fehlender Positionssensoren nur volle Umdrehungen ausführen kann. Das daraus resultierende Ist-Bremsmoment weist demnach Stufen auf, die immer unterhalb oder oberhalb des Soll-Bremsmoments liegen. Dieser Effekt wird im ff. kurz Stufigkeit genannt.

[0006] Die Totzeit allein, die Stufigkeit allein und die Kombination beider Effekte können situationsabhängig ohne zusätzliche Maßnahmen zu deutlich spürbaren Überschwingen in der Ist-Verzögerung führen. Ein Überschwinger ist als Nicken des Oberkörpers vom Fahrer spürbar. Der Aufbau zur jeweils nächsten Stufe geschieht durch eine Pumpentätigkeit, die sich im Fahrzeug je nach Situation akustisch bemerkbar machen kann. Weiterhin baut der I-An teil des Reglers durch die wegen der Stufigkeit nicht zu vermeidenden bleibenden Regelabweichung zwischen Ist- und Soll-Verzögerung solange Druck auf, bis die nächste Stufe erreicht werden kann. Damit wird eine erneute Pumpentätigkeit hörbar. Auch die Verzögerung nimmt dabei noch unnötigerweise etwas zu, wodurch ein Nachbremsen spürbar wird.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und

eine Vorrichtung eingangs genannter Art derart zu verbessern, daß die Totzeit und die Stufigkeit des Bremsregelsystems kompensiert werden.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche gelöst.

[0009] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Regelung einer vorgegebenen Soll-Verzögerung eines Kraftfahrzeugs mittels eines ein elektronisches Steuergerät aufweisenden Bremsregelsystems vorgeschlagen, bei dem abhängig von der vorgegebene Soll-Verzögerung sowie von der Ist-Verzögerung ein Soll-Bremsmoment berechnet wird, bei dem das Ist-Bremsmoment geschätzt wird und bei dem das Soll-Bremsmoment abhängig von dem um eine vorgegebene Hydraulik-Totzeit verzögerten Ist-Bremsmoment korrigiert wird.

[0010] Vorzugsweise wird die Differenz zwischen dem um die Hydraulik-Totzeit verzögerten Ist-Bremsmoment und dem Soll-Bremsmoment mit einem die Fahrzeuggmasse berücksichtigenden Kompensationsfaktor zur Korrektur des Soll-Bremsmoments multipliziert.

[0011] Die Erfindung ermöglicht eine sehr genaue und komfortable Bremsregelung zum Erreichen einer vorgegebenen Geschwindigkeit bzw. Soll-Verzögerung.

[0012] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Sie zeigt eine mögliche Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0013] Die Soll-Verzögerung  $a_{soll}$  ist direktes Eingangssignal eines dem Bremsregelsystem zugeordneten Steuergeräts. Dieses Steuergerät umfaßt einen Verzögerungsregler 1, der im Wesentlichen einen PI-Regler 3 und eine Vorsteuerung 4 aufweist. Die Vorsteuerung kann auch zu Null gesetzt werden oder ganz entfallen. Der gesamte Regelkreis besteht aus dem Verzögerungsregler 1 und der Regelstrecke 7. In die Regelstrecke 7 geht insbesondere das Fahrzeug 5 inklusive der gesamten Bremsanlage mit Hydraulik, hier als Hydraulikmodell 2 zusammengefaßt, ein. Gemessen werden die Raddrehzahlen oder die Geschwindigkeit v des Fahrzeugs 5. Aus der Geschwindigkeit v wird im Verzögerungsregler 1 mittels einer Verzögerungsberechnungseinheit 6 die Ist-Verzögerung  $a_{ist}$  gebildet. Die Geschwindigkeit v wird als ein die Ist-Verzögerung  $a_{ist}$  wiedergebendes Signal verstanden. Alternativ kann auch die Ist-Verzögerung selbst Eingangssignal des Verzögerungsreglers 1 sein, wenn diese bereits vorliegt.

[0014] Das Ausgangssignal des Verzögerungsreglers 1 ist ein Soll-Bremsmoment  $M_{B,soll}$ . Das Soll-Bremsmoment  $M_{B,soll}$  ist Eingangssignal des Hydraulikmodells 2. Im Hydraulikmodell 2 wird das Ist-Bremsmoment  $M_{B,ist}$  geschätzt. Das geschätzte Ist-Bremsmoment  $M_{B,ist}$  ist Eingangssignal des Verzögerungsreglers 1. Der Verzögerungsregler 1 weist ein Verzögerungsglied 8 auf, durch das das geschätzte Ist-Bremsmoment um eine vorgegebene Bremshydraulik-Totzeit  $t_{tot}$  verzögert wird. Die Bremshydraulik-Totzeit  $t_{tot}$  wird beispielsweise empirisch ermittelt und als fester Wert im Regelalgorithmus abgespeichert. Sie kann auch durch eine dynamische Adaption optimal auf die jeweils tatsächlich vorliegende Totzeit eingestellt werden. Die Differenz D zwischen dem verzögerten Ist-Bremsmoment  $M_{B,ist}$  und dem rückgeführten Soll-Bremsmoment  $M_{B,soll}$  wird in einer Korrekturseinheit 9 mit einem Kompensationsfaktor K multipliziert. Der Kompensationsfaktor K ist vorzugsweise der Kehrwert der Fahrzeuggmasse  $m_F$ . Die Fahrzeuggmasse  $m_F$  kann ein fester empirisch ermittelter Durchschnittswert oder ein die momentane Beladung oder einen ggf. vorliegenden Anhängerbetrieb berücksichtigender Schätzwert sein. Das Ausgangssignal der Korrekturseinheit 9 wird von der Abweichung der Ist-Verzögerung  $a_{ist}$  von der Soll-Verzögerung  $a_{soll}$  subtrahiert. Das Ergebnis dieser Subtraktion

ist Eingangssignal des PI-Reglers 3. Somit wird das Soll-Bremsmoment  $M_{B\_soll}$  abhängig von der Differenz D zwischen dem tatsächlichen Ist-Bremsmoment  $M_{B\_ist}$  und dem Soll-Bremsmoment  $M_{B\_soll}$ , korrigiert.

[0015] Die erfundungsgemäße Regelkreisstruktur bewirkt, daß sich die Rückführungen vom Ist-Bremsmoment  $M_{B\_ist}$  und der Ist-Verzögerung  $a_{ist}$  am Eingang des Verzögerungsreglers bzw. des PI-Reglers 3 aufheben. Der Verzögerungsregler 1 "sieht" damit nur noch die idealisierte Regelstrecke 7 ohne Totzeit  $t_{tot}$  und Stufigkeit. 10

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer vorgegebenen Soll-Verzögerung eines Kraftfahrzeugs mittels eines elektronischen Steuergerät aufweisenden Bremsregelsystems, dadurch gekennzeichnet, daß im Steuergerät abhängig von der vorgegebenen Soll-Verzögerung ( $a_{soll}$ ) sowie von der Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) ein Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) berechnet wird, daß mittels eines Hydraulikmodells (2) das Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) geschätzt wird und daß das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) abhängig von dem um eine vorgegebene Hydraulik-Totzeit ( $t_{tot}$ ) verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) korrigiert wird. 15
2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz (D) zwischen dem um die Hydraulik-Totzeit ( $t_{tot}$ ) verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) mit einem die Fahrzeuggmasse ( $m_F$ ) berücksichtigenden Kompensationsfaktor (K) zur Korrektur des Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) multipliziert wird. 20
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät einen Verzögerungsregler (1) und ein Hydraulikmodell (2) umfaßt, daß die vorgegebene Soll-Verzögerung ( $a_{soll}$ ) sowie die Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) oder ein die Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) wiedergebendes Signal (v) Eingangssignale eines Verzögerungsreglers (1) sind, dessen Ausgangssignal ein Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) ist, daß das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) Eingangssignal eines Hydraulikmodells (2) ist, daß das Hydraulikmodell (2) Mittel aufweist, durch die das Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) geschätzt wird, daß das geschätzte Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) Eingangssignal des Verzögerungsreglers (1) ist und daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8) aufweist, durch die das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) abhängig von der Differenz (D) zwischen dem um eine vorgegebene Hydraulik-Totzeit verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) korrigiert wird. 25
4. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8, 9) aufweist, durch die die Differenz (D) zwischen dem um die Hydraulik-Totzeit ( $t_{tot}$ ) verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) mit einem die Fahrzeuggmasse ( $m_F$ ) berücksichtigenden Kompensationsfaktor (K) zur Korrektur des Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) multipliziert wird. 30
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät einen Verzögerungsregler (1) und ein Hydraulikmodell (2) umfaßt, daß die vorgegebene Soll-Verzögerung ( $a_{soll}$ ) sowie die Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) oder ein die Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) wiedergebendes Signal (v) Eingangssignale eines Verzögerungsreglers (1) sind, dessen Ausgangssignal ein Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) ist, daß das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) Eingangssignal eines Hydraulikmodells (2) ist, daß das Hydraulikmodell (2) Mittel aufweist, durch die das Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) geschätzt wird, daß das geschätzte Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) Eingangssignal des Verzögerungsreglers (1) ist und daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8) aufweist, durch die das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) abhängig von der Differenz (D) zwischen dem um eine vorgegebene Hydraulik-Totzeit verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) korrigiert wird. 35
6. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8, 9) aufweist, durch die die Differenz (D) zwischen dem um die Hydraulik-Totzeit ( $t_{tot}$ ) verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) mit einem die Fahrzeuggmasse ( $m_F$ ) berücksichtigenden Kompensationsfaktor (K) zur Korrektur des Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) multipliziert wird. 40
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät einen Verzögerungsregler (1) und ein Hydraulikmodell (2) umfaßt, daß die vorgegebene Soll-Verzögerung ( $a_{soll}$ ) sowie die Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) oder ein die Ist-Verzögerung ( $a_{ist}$ ) wiedergebendes Signal (v) Eingangssignale eines Verzögerungsreglers (1) sind, dessen Ausgangssignal ein Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) ist, daß das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) Eingangssignal eines Hydraulikmodells (2) ist, daß das Hydraulikmodell (2) Mittel aufweist, durch die das Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) geschätzt wird, daß das geschätzte Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) Eingangssignal des Verzögerungsreglers (1) ist und daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8) aufweist, durch die das Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) abhängig von der Differenz (D) zwischen dem um eine vorgegebene Hydraulik-Totzeit verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) korrigiert wird. 45
8. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8, 9) aufweist, durch die die Differenz (D) zwischen dem um die Hydraulik-Totzeit ( $t_{tot}$ ) verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) mit einem die Fahrzeuggmasse ( $m_F$ ) berücksichtigenden Kompensationsfaktor (K) zur Korrektur des Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) multipliziert wird. 50
9. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verzögerungsregler (1) Mittel (8, 9) aufweist, durch die die Differenz (D) zwischen dem um die Hydraulik-Totzeit ( $t_{tot}$ ) verzögerten Ist-Bremsmoment ( $M_{B\_ist}$ ) und dem Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) mit einem die Fahrzeuggmasse ( $m_F$ ) berücksichtigenden Kompensationsfaktor (K) zur Korrektur des Soll-Bremsmoment ( $M_{B\_soll}$ ) multipliziert wird. 55

60

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

65

BEST AVAILABLE COPY

